

事業戦略ビジョン

実施プロジェクト名：グリーンイノベーション基金事業／洋上風力発電の低コスト化／
洋上風力運転保守高度化事業／
遠隔化・自動化による運転保守高度化とデジタル技術による予防保全

実施者名：東京電力リニューアブルパワー株式会社（幹事企業）、代表名：代表取締役社長 永澤 昌

共同実施者：東芝エネルギーシステムズ株式会社

目次

0. コンソーシアム内における各主体の役割分担

1. 事業戦略・事業計画

- (1) 産業構造変化に対する認識
- (2) 市場のセグメント・ターゲット
- (3) 提供価値・ビジネスモデル
- (4) 経営資源・ポジショニング
- (5) 事業計画の全体像
- (6) 研究開発・設備投資・マーケティング計画
- (7) 資金計画

2. 研究開発計画

- (1) 研究開発目標
- (2) 研究開発内容
- (3) 実施スケジュール
- (4) 研究開発体制
- (5) 技術的優位性

3. イノベーション推進体制（経営のコミットメントを示すマネジメントシート）

- (1) 組織内の事業推進体制
- (2) マネジメントチェック項目① 経営者等の事業への関与
- (3) マネジメントチェック項目② 経営戦略における事業の位置づけ
- (4) マネジメントチェック項目③ 事業推進体制の確保

4. その他

- (1) 想定されるリスク要因と対処方針

0. コンソーシアム内における各主体の役割分担

東京電力リニューアブルパワー※1

OPEXマイナス20%程度を見通す技術開発の実施

・センサー及びROV等の活用による浮体・係留索等の監視及び点検技術の高度化技術開発

社会実装に向けた取組内容

- ・ OPEX低減技術の開発
- ・ 地点開発

等を担当

東芝エネルギーシステムズ

OPEXマイナス20%程度を見通す技術開発の実施

・ドローン及びロボット等の活用による風車外観点検およびナセル内部点検の自動化技術開発

社会実装に向けた取組内容

- ・ OPEX低減技術の開発
- ・ 船による風車アクセス、ロープワーク回数の低減
- ・ 作業費用の低減

等を担当

（提案プロジェクトの目的：着床式洋上風力発電の発電コストが8～9 円/kWh
を見通せる技術、又は、浮体式洋上風力を国際競争力のあるコスト水準で商用化する技術）の実現

※ 1 東京電力リニューアブルパワーについては以下「東京電力RP」という

1. 事業戦略・事業計画

1. 事業戦略・事業計画／（1）産業構造変化に対する認識

カーボンニュートラルの実現に向けて電源の脱炭素化と電化の進展が求められる

カーボンニュートラル（以下、CN）を踏まえたマクロトレンド認識

（社会面）

- 近年、世界各地で大雨等による災害の激甚化や記録的な猛暑が頻発している。地球温暖化の進行に伴い、今後、大雨や猛暑等のリスクが更に高まることが予想され、CNを目指す動きが国際的に広まっている。
- 2015年12月に開催されたCOP21により、世界全体でのCNを目指すパリ協定が採択され、2020年からの本格実施に伴い、先進国を中心に対応が活発化している。
- 2021年のCOP26では、中国やインドがCN目標を表明した。

（経済面）

- パリ協定後、世界中で環境・社会・ガバナンスを重視するESG投資が活況を呈し、世界的な市場規模は35兆ドル（3,850兆円）と推定されている。
- デジタル化の進展による社会全体の電力消費は一定程度拡大が予想される。また、多くのグローバル企業は電力消費の100%を再エネで賄うことを目指しており、再エネ電力のコスト低減は、日本の産業競争力に大きく影響する。

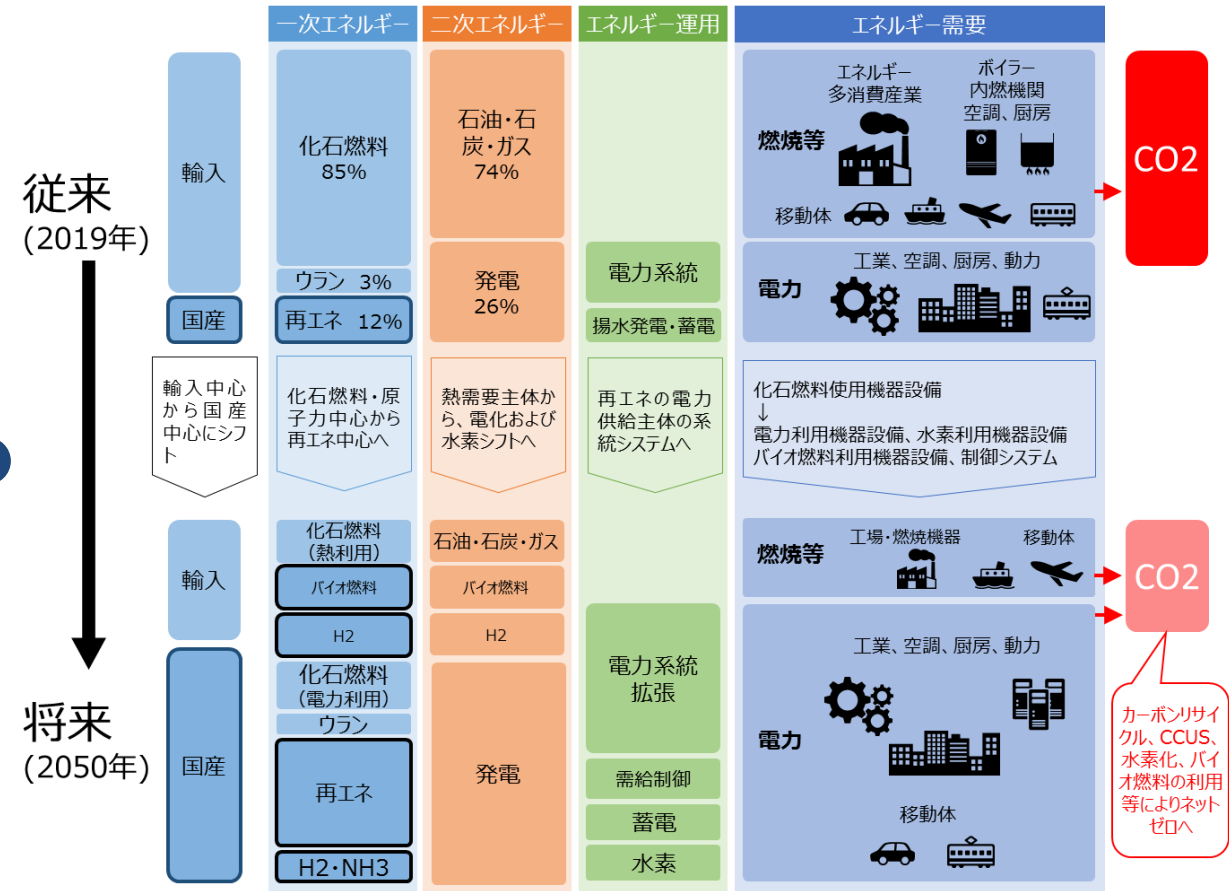
（政策面）

- 2020年10月、国は「2050年カーボンニュートラル」を宣言し、2013年度比46%の温室効果ガス削減の目標を発表した。
- 2021年6月にはCNに向けて経済と環境の好循環を作っていく産業政策として「2050年カーボンニュートラルに伴うグリーン成長戦略」が策定された。電力部門の脱炭素化を柱の一つとし、民間の取組を政府が支援する方針が策定された。
- 洋上風力の分野では、2019年4月に再エネ海域利用法が施行され、2020年12月に策定された洋上風力産業ビジョン（第1次）により洋上風力の導入目標が設定され、洋上風力は官民から大きく期待されるエネルギー源となっている。

（技術面）

- CNに向けては、電化の進展と並行しての電源の脱炭素化と、需要サイドでの省CO₂対策が必須である。また、Utility3.0が示すように、IoT、AIや通信技術や、蓄電・デジタル制御技術の高度化を通じた、需給の融和を目指す必要がある。
- 再エネ分野で将来期待される浮体式洋上風力については、福島沖での実証研究事業をはじめ国内外での実証機建設・運転・撤去に伴う技術が蓄積されつつある。

CN社会における産業アーキテクチャ



従来（2019年）と将来（CN社会）の産業構造のイメージ図

出典：洋上風力産業ビジョン（第1次）（令和2年12月15日、洋上風力の産業協力強化に向けた官民協議会）
2050年カーボンニュートラルに伴うグリーン成長戦略（令和3年6月18日、内閣官房、経済産業省他）
第6次エネルギー基本計画（令和3年10月22日、経済産業省）

1. 事業戦略・事業計画／（1）産業構造変化に対する認識

国際競争力のある低コストな浮体式洋上風力を実現し、国内産業の発展と海外展開を図る

● 市場機会：

- ✓ 2050年CNを実現するためには非電化部門の電化が必要である。（電力需要が約3～5割増）
- ✓ 電源の脱炭素化に合わせコスト低減により電化が進展
- ✓ 日本の浮体式洋上風力ポテンシャル（約424GW）は、日本の全発電設備容量260GWを上回り、開発ポテンシャルが大きい。
- ✓ 洋上風力市場は世界的に成長し、2040年全世界で562GW（現在の24倍）、120兆円が見込まれる成長産業。アジア市場も急成長が見込まれ、2030年では市場全体のうち約4割がアジア市場となる見込である。
- ✓ アジアの気象・海象条件は日本と似ており、日本の導入経験が生きる。
- ✓ 浮体式洋上風力は、世界でも新興領域とされ、デファクトスタンダードがないため、日本の基準作成による国際ルール化は日本が世界の浮体式洋上風力発電を牽引するチャンスとなり得る。

● 社会・顧客・国民等に与えるインパクト：

- ✓ 再エネのコスト低減は、賦課金の低減、ひいては電気料金の低減化につながる。
- ✓ 電力の脱炭素化がCNにつながる。
- ✓ 再エネは純国産エネルギーであるため、現在約12%に低迷している日本のエネルギー自給率の向上とそれに伴う電力価格の安定につながる。
- ✓ 特に洋上風力は、プロジェクト当たりの事業規模が数千億円と大きく、また、部品数が数万点に及ぶ裾野の広い産業であり、経済波及効果が大きく地域の活性化にも寄与する。
- ✓ ESG投資への機運の高まりから、電気的最终需要家による再エネ価値のニーズに応えることができる。

出典：洋上風力の主力電源化を目指して（2020年7月17日、日本風力発電協会）
洋上風力産業ビジョン（第1次）（令和2年12月15日、洋上風力の産業協力強化に向けた官民協議会）
2050年カーボンニュートラルに伴うグリーン成長戦略（令和3年6月18日、内閣官房、経済産業省他）
エネルギー白書（令和3年6月14日、経済産業省）
第6次エネルギー基本計画（令和3年10月22日、経済産業省）

● 当該変化に対する東京電力グループの経営ビジョン：

- ✓ 2021年東京電力グループ全体で「**販売電力由来のCO₂排出量を2013年度比で2030年度に50%削減**」、「**2050年におけるエネルギー供給由来のCO₂排出実質ゼロ**」を目標としている。
- ✓ 東京電力RPは、2030年度において400～600万kW（海外洋上風力含む）の洋上風力発電の新規開発を目指す。
- ✓ 国内洋上風力については、200～300万kW規模の新規開発を目指す。

● 洋上風力発電に取り組む当社の展望

- ✓ 洋上風力発電は太陽光に比べ参入障壁が高く、高い技術力を求められるほか案件数も多いため、当社の経営資源を活かすことができる。洋上風力発電所の継続的な開発により、人財育成、サプライチェーンの強靱化に取り組み、国内産業の発展及び国際競争力の伸張に貢献。
- ✓ 浮体式洋上風力発電の開発は、海外競合他社と同じスタートラインから競争が可能である。早い段階から浮体式洋上風力発電の開発に力を入れ、エネルギー自給率の向上による価格安定等により、お客様への期待に応えるとともにCNを目指し国際社会に貢献。

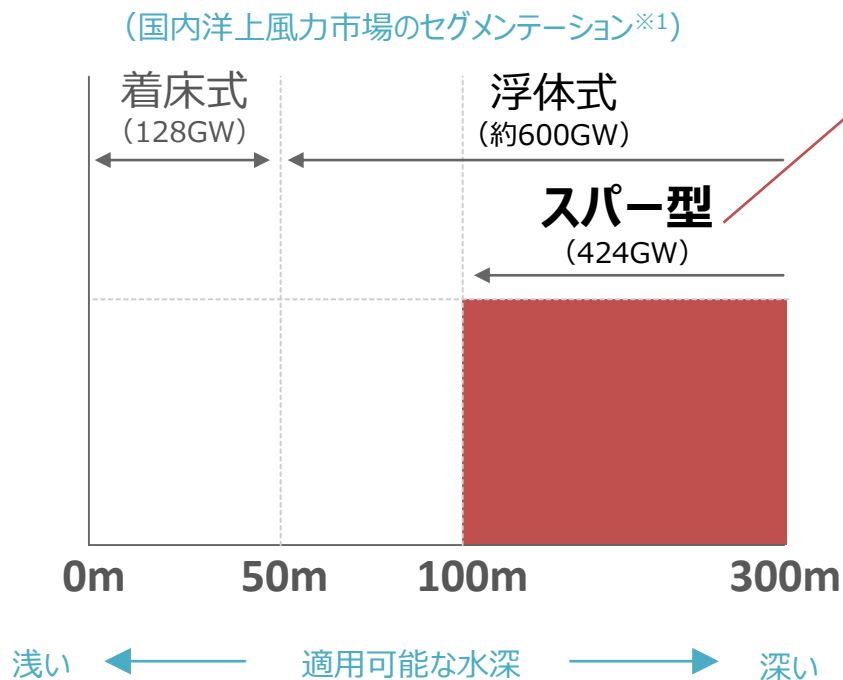
出典：TEPCO 統合報告書2020-2021、東京電力グループ経営理念

1. 事業戦略・事業計画／（2）市場のセグメント・ターゲット

好風況かつ開発ポテンシャルが高い水深100m以上の海域をターゲットとしている

セグメント分析

本提案のスパ－型の対象海域である100m以深をターゲット



※1：洋上風力の主力電源化を目指して（2020年7月17日、日本風力発電協会）
一部当社調べ追記

ターゲットの概要

市場概要と目標とするシェア・時期

- 浮体式は着床式の4～5倍のポテンシャルを有し、風況の条件も良いことから2050年における洋上風力の中長期導入目標の90GW※2及びCNを達成するうえでも重要である。
- 国内のスパ－型浮体風力発電の導入ポテンシャルは400GW以上※2あり、十分の市場がある。
- 水深100m以上の海域は水深の浅い海域より風況が良好であるため、この海域をターゲットとする。
- 漁業との干渉が少ないと考えられる海域を対象とし、早期に実証地点を確保し、2030年頃の事業化を目指す。
- 実証後、事業の本格化、その他地域、さらにはアジア圏への展開を図る。

対象地域	主要協業企業	導入の目安	課題	運転開始時期目安
国内	電力会社 建設会社 風車メーカー 造船・鉄鋼メーカー 地場企業	150～300万kW	- システムの制約 - 地元の理解 - 冬場のメンテナンス及び冬季雷 - 台風の対応 - サプライチェーン構築	2030年頃
海外 アジア圏	電力会社 現地企業	200～300万kW	- 施工船の船籍取得 - 対象国の再エネ買取制度 - ローカルコンテンツ	2030年頃

※2 洋上風力の産業競争力強化に向けた官民協議会資料より

1. 事業戦略・事業計画／（3）提供価値・ビジネスモデル

新たなスパーク型浮体・係留システムにより低コストな発電事業とサプライチェーンを実現

社会・顧客に対する提供価値

- 社会に対する提供価値
 - CO₂削減（CN貢献）
（エネルギー供給由来のCO₂排出実質ゼロ（2050年））
 - エネ自給率向上
 - 国内サプライチェーン形成
 - 地元サプライチェーン形成
 - 賦課金等国民負担の軽減
 - 国際競争力の向上
 - 漁業との共生
- 顧客に対する提供価値
 - 再エネ価値
（SBT※、RE100※、TCFD※）

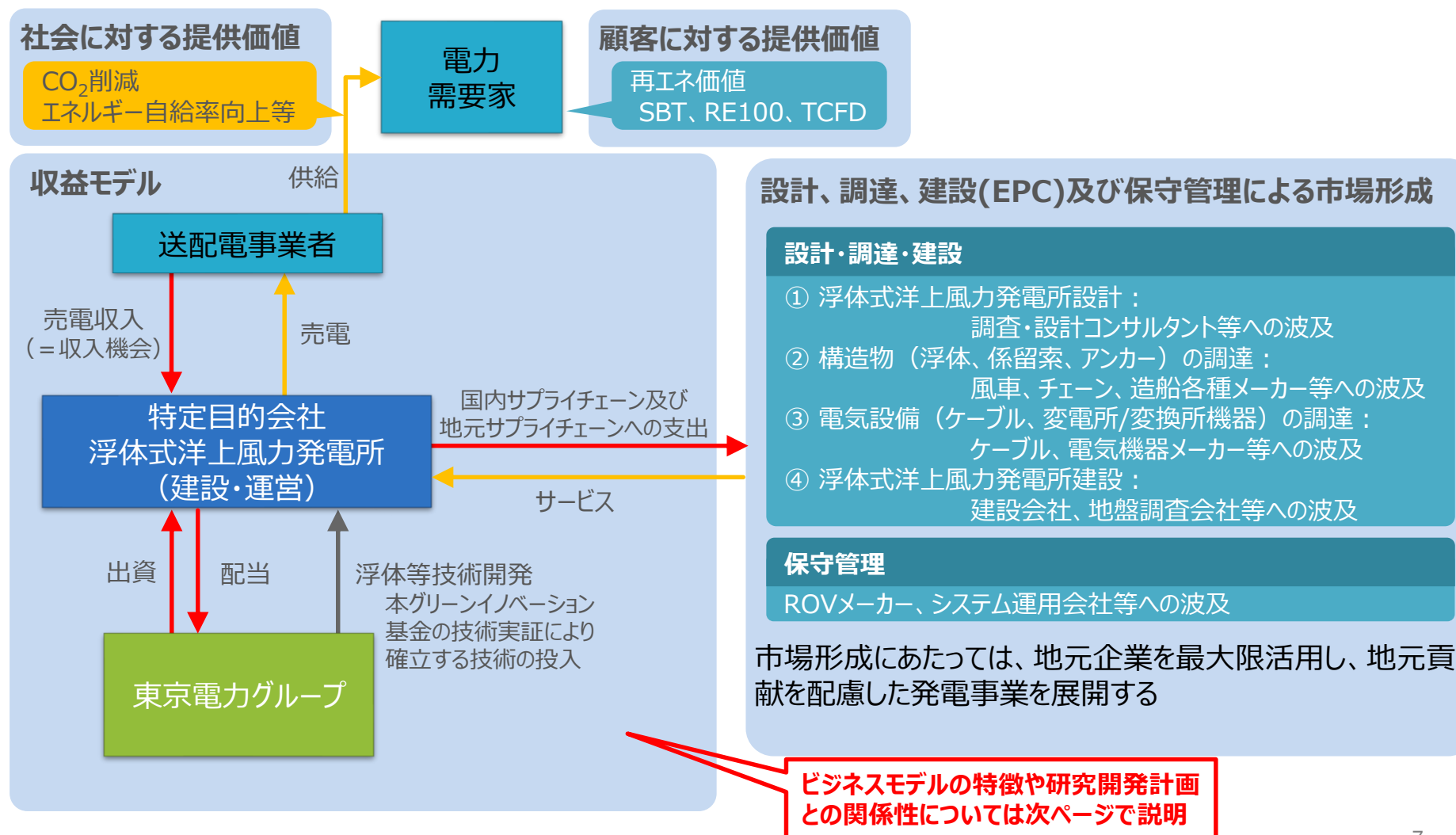
（注※）再エネ価値が貢献する企業活動には例えば以下がある。

SBT：パリ協定が求める水準と整合した、5年～15年先を目標年として企業が設定する、温室効果ガス排出削減目標

RE100：企業等が事業を100%再エネ電力で賄うことを目標とする取組

TCFD：気候関連の情報開示及び金融機関の対応をどのように行うかを検討するために設置されたタスクフォース

ビジネスモデルの概要（製品、サービス、価値提供・収益化の方法）と研究開発計画の関係性



1. 事業戦略・事業計画／（3）提供価値・ビジネスモデル

継続的な技術の実証と先端技術の組み合わせによる保守管理の高度化

ビジネスモデルの特徴（独自性・新規性・有効性・実現可能性・継続性等）と研究開発計画の関係性

特徴	内容	研究開発計画
独自性・新規性	ダイバによらない完全自立型の遠隔監視システムを活用した保守管理	・超小型ROVと既存技術を組み合わせた監視，外観検査，計測技術の確立
	設計段階からの配慮による保守管理	・浮体構造の耐腐食対策検討 ・耐腐食対策検討に資する浮体内部環境の検討
実現可能性	自社グループ発電設備（専用港湾や洋上風力設備）を活用した技術開発	自社設備を活用した海域試験の実施による技術実証により実現可能性の向上
有効性	最先端技術及び知見を有する各分野のオーソリティ機関の活用による高度な保守管理技術	洋上風力発電保守管理技術及び船舶安全技術の各分野におけるオーソリティ機関（東京大学、日本海事協会）の協力による客観的な課題設定と、課題解決に向けた高度な技術を活用した研究開発
継続性	技術実証データの積み重ねによる技術の高度化	自社設備を活用した技術実証研究を継続、データの積み重ねにより、絶え間ない技術の向上を目指す

1. 事業戦略・事業計画／（4）経営資源・ポジショニング

他社に先駆け確立した低コストな大型風車対応の浮体技術により、CNの実現を可能とする安価な脱炭素電源を確立

自社の強み、弱み（経営資源）		他社に対する比較優位性				
ターゲットに対する提供価値		自社	技術	顧客基盤	サプライチェーン（SC）	その他経営資源
• 社会に対する提供価値 -CO₂削減（CN貢献） -エネ自給率向上 -国内サプライチェーン(以下、SC)形成 -国民負担の軽減 -国際競争力の向上 • 顧客に対する提供価値 -再エネ価値（SBT/RE100/TCFD）			• 2003年から浮体式洋上風力に取り組み、特許7件の取得、数十編の論文を発表 • 平面パネル溶接による低コスト浮体の特許出願中 • 浮体式洋上風力発電低コスト化技術開発調査研究（大型スパー浮体）推進 • 海外のテトラ・スパー型浮体実証研究事業に参画 • 着床式の開発、施工、運用実績	• 顧客は電力需要家であり、すべてのお客様（個人、法人）を対象とした顧客基盤を有する	• 発電・送電関連の総合的なSCを構築している • 電気機械関連全般が取引先である	• 着床式洋上風力発電所の運用により洋上風力開発に必要な人財を有する • 大規模発電所の計画、建設、保守により多種多様な人財を有する • 水力発電所運営による収益基盤により洋上風力発電所開発に必要な資金を調達できる
自社の強み • 早い段階から浮体式洋上風力に取り組んできたため技術の蓄積をしている。 • 電気事業者としての発電所の設置運用（合計7,000万kW）による顧客基盤、SC、経営資源を有する。 • 浮体式洋上風力発電低コスト化技術開発調査研究（NEDO委託事業）を2020年度より実施している。 • 海外のテトラ・スパー型浮体実証研究事業に2021年度より参画、施工監理業務の実績を有する。						
自社の弱み及び対応 • 浮体式洋上風力の運用実績がない。 -着床式洋上風力発電所の運用実績を生かし対応していく。		• 本基金での研究を基に低コスト浮体の日本仕様の設計・製造・施工技術確立し、さらなる優位性を確保する	• 再生可能エネルギー由来の電気販売メニューを充実し、エネルギー自給率を上げるとともにCNに貢献する • 国内に加え国外の顧客を新規開拓することでより堅固な顧客基盤とし、規模の経済によるコスト低減を図る	• 既存の電気機械関連のSCに海洋土木、造船関連業界等を加え、堅固なSCを形成する • 新たなSCの創出により、新規雇用の創出、国内産業の活性化に貢献する	• 低コスト化により、既存の収益基盤である水力発電に風力発電を加え、盤石な経営資源とする	

9

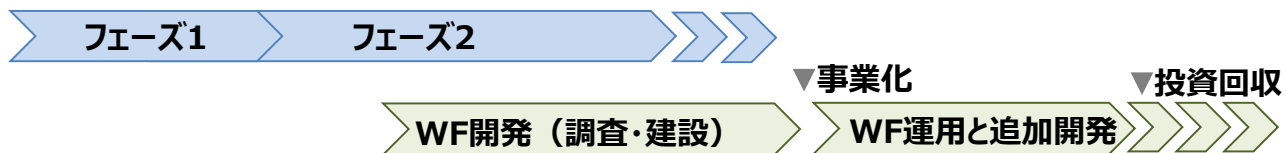
1. 事業戦略・事業計画／（５）事業計画の全体像

要素技術開発と実規模実証の成果を速やかに活用、2030年頃から継続的に大規模WFを開発

投資計画

- ◆ フェーズ1では実証機の建設・運営の低コスト化のために必要な幅広い項目で要素技術の開発を行う。
- ◆ フェーズ1で開発した技術をフェーズ2で実規模実証を行う。
- ◆ 実証フェーズと並行して促進区域占用公募入札に参画、実証事業の成果をウィンドファーム（以下、WF）開発に反映し、2030年頃の大規模※¹WF開発を目指す。

※1 375MW/WF程度を想定（15MW級風車25基）



2020年度 2022年度 2023年度 2024年度 … 2028年度 2029年度 2030年度 … 2036年度 … 2040年度 計画の考え方・取組スケジュール等

売上高 (円)					2030年度からWFを順次運開し、毎年、百億～千億円オーダーの売上高を見込む				・2023年度には、フェーズ1において要素技術を確立 ・2024年度からフェーズ1で開発した技術を実証 ・実証フェーズと並行して促進区域占用公募入札に参加、実証事業の成果をWF開発に反映し、2030年頃に大規模WFを運開			
研究開発費 (円)	約30億円※2				フェーズ1で開発した要素技術をフェーズ2にて実証するため、必要な投資を行う				・2030年頃から順次WFを運開			
取組の段階	事業化可能性の検証	研究開発の開始	...	フェーズ2開始	...	実証機の建設・運転経験	...	事業化	...	WFの運用と追加開発	...	WFの運用と追加開発
CO ₂ 削減効果									約2500万トン			

※2 金額はキャッシュフローではなく費用化年度を基準に計上しており、東京電力グループが採択されているGI基金3テーマの合算金額を記載している。

1. 事業戦略・事業計画／（6）研究開発・設備投資・マーケティング計画

研究開発段階から将来の社会実装（設備投資・マーケティング）を見据えた計画を推進

	研究開発・実証	設備投資	マーケティング
取組方針	- 高電圧ダイナミックケーブル等の洋上風力発電用電気システム技術の確立を目指している。 - 研究開発当初より社外専門家と共同検討を行い、洋上風力発電用電気システム技術に関する特許取得も見据えた知財戦略を図りコア技術を獲得する。 - 社会実装に向けたロードマップを社外発信し、更なる低コスト化施工技術の開発・提案を促す。	- 洋上で実施が困難な点検や補修を削減可能な洋上風力発電用電気システムの研究開発に投資する。 - 基金事業（フェーズ1）において、低コスト化要素技術を開発するとともに、浮体式洋上風力発電用電気システムの実証（フェーズ2）および社会実装に向けた設備投資（ケーブル敷設船等）の計画を立案する。	- 開発した浮体基礎技術、洋上電気設備技術及びO&M技術を活用して浮体式洋上風力発電事業を実施する。 - 国内の電力会社が協調することで、浮体式洋上風力発電のマーケット規模を拡大し、サプライヤーが参入しやすい環境を構築する。
国際競争上の優位性	- 東京電力グループは、陸上における電気システムの研究開発実績が豊富であり、多くの知見を有している。 - 国内に事業基盤を持たない海外企業が日本において単独で実証を行うことは難しく、当社は研究開発の環境において優位にある。 - 環境条件が近いアジアであれば、日本での研究開発の成果を適用可能であるため、アジア市場における競争に対して競争力を持つ。	- 国内の電力会社が協調することでメーカーの設備投資意欲を向上させるとともに、価格競争力が向上する。 - 日本の陸上で使用している電気システムに採用されている国際的に優れた品質の装置をベースに開発することにより、O&M費用を含めたトータルコストを抑制できるため、国際的な価格競争力を持つ可能性が高い。	- 日本の厳しい気象海象条件下で実証された技術は日本と似た気象海象であるアジア諸国での導入において、欧州等で開発された洋上電気設備技術に比べて優位性がある。 - 陸上における電気システムで蓄積された技術を応用することにより、技術課題の解決やコストの削減を図り易くなるため、品質面及び価格面で国際的な競争力を持つ可能性が高い。

1. 事業戦略・事業計画／（7）資金計画

国の支援に加えて、約千億円オーダーの自己負担を予定

	フェーズ1												
	2022 年度	2023 年度	2024 年度	2025 年度	2026 年度	2027 年度	2028 年度	2029 年度	2030 年度	...	2036 年度	...	2040 年度
事業全体の資金需要	約30億円			本事業期間にて浮体基礎の製造・設置低コスト化※3、ケーブル・洋上変電所・洋上変換所に係る技術開発※4、運転保守高度化・デジタル技術による予防保全※5を達成した後、引き続き洋上風力発電の低コスト化技術の確立に向け、洋上風力発電の低コスト化に係る継続的な研究開発投資を実施する予定									
うち研究開発投資	約30億円※2												
国費負担※1 (補助)	約23億円												
自己負担	約7億円												

※1 インセンティブが全額支払われた場合
※2 金額は東京電力グループが採択されているGI基金3テーマの合算金額を記載
※3 グリーンイノベーション基金事業／洋上風力発電の低コスト化／浮体式基礎製造・設置低コスト化技術開発事業／浮体式大量導入に向けた大型スパー浮体基礎の製造・設置低コスト化技術の開発
※4 グリーンイノベーション基金事業／洋上風力発電の低コスト化／洋上風力関連電気システム技術開発事業／浮体式洋上風力発電共通要素技術開発（ダイナミックケーブル・洋上変電所・洋上変換所）
※5 グリーンイノベーション基金事業／洋上風力発電の低コスト化／洋上風力運転保守高度化事業／遠隔化・自動化による運転保守高度化とデジタル技術による予防保全

2. 研究開発計画

2. 研究開発計画／（1）研究開発目標

国際競争力のあるコスト水準で商用化する技術を確立するというアウトプット目標を達成するために必要な複数のKPIを設定

研究開発項目

フェーズ1-④ 洋上風力発電運転
保守高度化事業

研究開発内容

1 ②デジタル技術による予防保全・
メンテナンス高度化

2 ③監視及び点検技術の高度化
A) 浮体の維持管理コストの低減

3 ③監視及び点検技術の高度化
B) 係留系・ダイナミックケーブルの
維持管理コストの低減

アウトプット目標

2030年までに、一定条件下（風況等）で、浮体式洋上風力を国際競争力のあるコスト水準で商用化する技術を確立

KPI

下記 2 3 に含む。

浮体の維持管理コスト：フェーズ1（要素技術開発）後にマイナス20%程度を見通す。

係留系・ダイナミックケーブルの維持管理コスト：フェーズ1（要素技術開発）後にマイナス20%程度を見通す。

KPI設定の考え方

下記 2 3 に含む。

- ・OPEX目標から風車、浮体、係留系、ダイナミックケーブルの維持管理費の比率（当調べ）より浮体部分の費用を設定
- ・設計での防食措置の考慮により、維持管理を省力化、かつ超小型ROV等の活用による状態監視手法の確立により目標達成を目指す。

- ・OPEX目標から風車、浮体、係留系、ダイナミックケーブルの維持管理費の比率（当社調べ）より係留系、ダイナミックケーブル部分の費用を設定
- ・超小型ROVを用いた構造健全性の監視手法の確立により目標達成を目指す。

2. 研究開発計画／（2）研究開発内容

各KPIの目標達成に必要な解決方法を提案

研究開発項目	KPI	現状	達成レベル	解決方法	実現可能性 (成功確率)
① ②デジタル技術による予防保全・メンテナンス高度化	② ③ に含まれる	設計条件に基づくメンテナンスと事後保全 (TRL4)	デジタルツインに基づくメンテナンスと予防保全 (TRL5)	② ③ で開発した計測技術により取得したデータと解析データを突合せデジタルツイン化 デジタルツインを活用した予防保全高度化技術の開発 上記を活用したO&Mの最適化	可能性大 (約70%)
② ③監視及び点検技術の高度化 A) 浮体の維持管理コストの低減 a) 防食対策の策定	浮体の維持管理コスト：フェーズ1（要素技術開発）後にマイナス20%程度を見通す。	・設計条件の不確実性に起因する冗長な浮体構造 (TRL4)	・海域試験の実施による設計仕様の最適化 (TRL5)	点検・検査が実施不可能な部位は、設計仕様（防食）で対処する方針であるが、腐食環境が不明確 腐食環境に対応、点検・検査が実施不可能となる部位の最適な防食対策を策定	可能性大 (約70%)
③ ③監視及び点検技術の高度化 A) 浮体の維持管理コストの低減 b) 浮体外部の目視検査の代替手法の開発		・日本では超小型ROVを用いた状態監視手法が確立されていない (TRL4)	超小型ROVによる海域試験による実証 (TRL5)	現状は、ダイバによる目視確認が一般的 持ち運びの容易な超小型ROVを活用して浮体構造の画像を取得してAIによる画像解析により浮体外部の異常検知およびアノードの減少量を把握する手法を確立	可能性大 (約70%)

2. 研究開発計画／（2）研究開発内容

各KPIの目標達成に必要な解決方法を提案

研究開発内容	KPI	現状	達成レベル	解決方法	実現可能性 (成功確率)
③監視及び点検技術の高度化 B) 係留系・ダイナミックケーブルの維持管理コストの低減					
a) 係留系の維持管理コストの低減	係留系・ダイナミックケーブルの維持管理コスト：フェーズ1（要素技術開発）後にマイナス20%程度を見通す。	係留張力 日本では超小型ROVを用いた係留張力の試験例が無い（TRL4） ↔ 海域試験による検証（TRL5）		- 既往の実証事業では常設センサーを設置し、台風等の気象・海象条件が厳しいときに故障 - 超小型ROVを活用した係留索カテナリー角度の簡易な計測方法により適時計測する方法を確立	可能性大（約70%）
		係留系異常箇所特定 日本における試験例が無い（TRL4） ↔ 海域試験による検証（TRL5）		- 既往の実証事業ではROVを活用した画像解析による衰耗量計測を行っているが、視界が悪い海域では適用できない可能性がある。また、海中ではROVの測位ができないため、係留系の異常箇所の特定が困難 - レーザー照射と画像解析を組み合わせることで適切に異常箇所を特定する方法を確立	可能性大（約70%） 可能性大（約70%）
		ダイナミックケーブル 日本における試験例が無い（TRL4） ↔ 海域試験による検証（TRL5）		- 既往の実証事業ではダイナミックケーブル等への海洋生物の付着によりケーブルが着底し、損傷が発生 - 超小型ROVと水中測位システムを組合せ、ケーブル位置を計測する方法を確立	可能性大（約70%）

2. 研究開発計画／（2）研究開発内容

水中部分の点検

- ◆ 浮体構造物は運用期間中、船舶安全法に基づき、定期的に日本海事協会（以下、NK）の検査の受検や自主的な点検が求められる。
- ◆ 点検項目は浮体・係留系の外観検査が中心で、著しい損傷が認められる場合は、安全性確保のために浮体の板厚や係留索の衰耗量などの詳細な確認が必要とされている。
- ◆ 水中部点検における簡易な点検技術・手法の確立および浮体構造のメンテナンスを省力化する設計仕様を検討することで低コスト化を目指す。
- ◆ 上記で開発した点検手法のNKガイドライン※1との整合性を確認し、フェーズ2での速やかな実証に移行する。

点検の主な内容

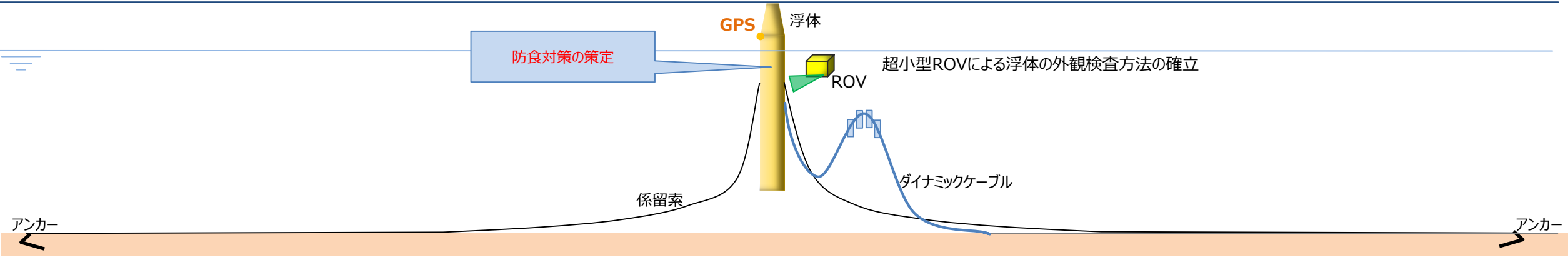
部位	内容	追加実施内容
浮体	・ 外観（外部・内部）の現状確認	 <u>構造部材の板厚の計測</u>
	・ 防食システムの有効性（アノード残量）	
係留系	・ 全長の現状確認	<u>衰耗量の計測</u>

（参考）事業者による点検とNKによる検査

実施者	名称	頻度	内容
事業者	保守点検	適宜	・ 日常的に行う目視による <u>保守点検</u> （自主点検）
NK	年次検査	1回/年	・ （事業者実施の） <u>保守点検記録</u> の確認 ・ 遭遇した最大の自然環境の記録
	中間・定期検査	1回/2.5年	・ NKが承認した計画・要領書に基づいた検査

※1 浮体式洋上風力発電設備に関するガイドライン（一財）日本海事協会 2012年7月

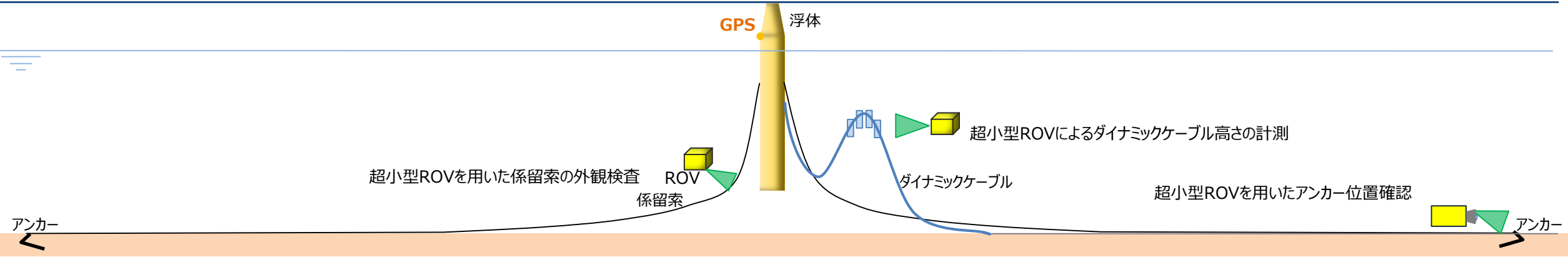
2. 研究開発計画／(2) 研究開発内容
実施事項の概要 (1 / 2)



実施事項の概要

	部位	点検・検査	技術課題	技術開発内容	実施概要
②デジタル技術による予防保全・メンテナンス高度化					
	浮体・係留系・ダイナミックケーブル	—	浮体・係留系・ダイナミックケーブルのデジタルツイン技術は未確立	・浮体・係留・ダイナミックケーブルのデジタルツイン技術の確立 ・O&Mの最適化	・③監視及び点検技術の高度化で開発した計測技術により取得したデータと解析データを突合せデジタルツイン化 ・デジタルツインを活用した予防保全高度化技術の開発 ・上記を活用したO&Mの最適化
③監視及び点検技術の高度化					
A) 浮体の維持管理コストの低減					
浮体		浮体構造（内部、外部）の外観目視検査	点検・検査が実施不可能な部位の腐食環境が不明確	・防食対策の策定	・点検・検査が実施困難な浮体内部の最適化
			喫水深が大きいスパーク型浮体ではダイバによる外観目視検査は適用困難かつ被災リスクが大きい	・浮体外部の外観目視検査の代替となる状態監視手法の開発	・超小型ROVの活用による安価な外観目視検査手法の開発と海域試験

2. 研究開発計画／(2) 研究開発内容
実施事項の概要 (2 / 2)

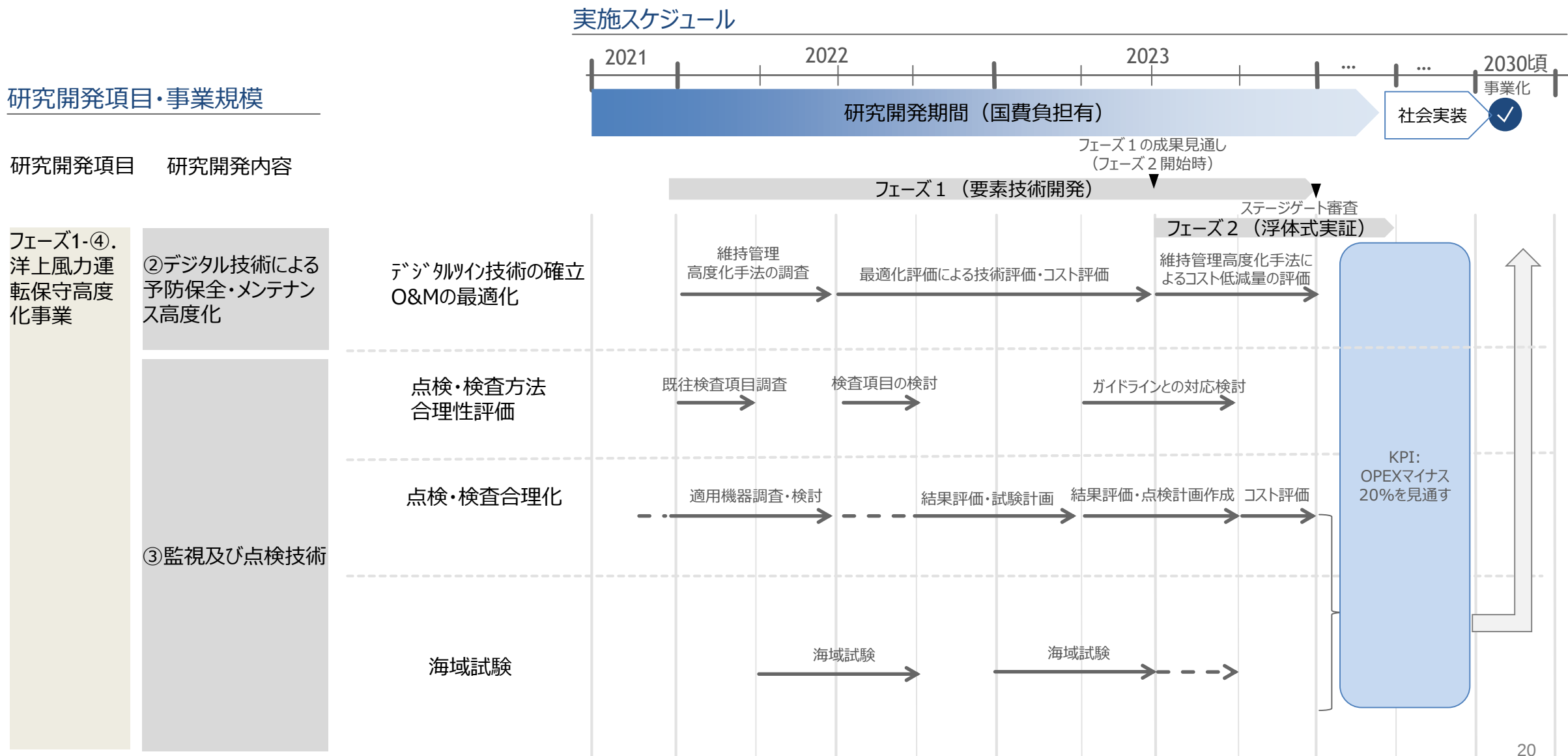


	部位	点検・検査	技術課題	技術開発内容	実施概要
③監視及び点検技術の高度化					
B) 係留系・ダイナミックケーブル					
	係留系	・係留索のカテナリ角度※1 ・アンカー設置位置の確認	常設センサーの故障頻度大	・張力監視技術の開発・評価	・超小型ROVを用いた傾斜センサーによるカテナリ角度計測方法の開発・評価と海域試験
			適用実績がない	・簡易な係留系の外観確認方法の開発	・超小型ROVを用いた係留索の外観検査技術の開発(画像処理による衰耗量の把握)や超小型ROVを用いたアンカー位置の確認 ・上記の海域試験
	ダイナミックケーブル	ダイナミックケーブルの位置確認	海生生物の付着による位置低下・着底による損傷	・位置監視技術の開発・評価	超小型ROVによるダイナミックケーブル高さの計測方法の開発および海域試験
	共通	—	ガイドライン要求事項との整合性確認	・開発技術の評価	・現状の点検・検査項目整理、コスト調査 ・開発した各技術のNK検査ガイドライン※2との整合性評価

※1：張力が設計係留力の範囲内にあることの確認
※2：浮体式洋上風力発電設備に関するガイドライン（一財）日本海事協会 2012年7月

2. 研究開発計画／（3）実施スケジュール

複数の研究開発を効率的に連携させるためのスケジュールを計画

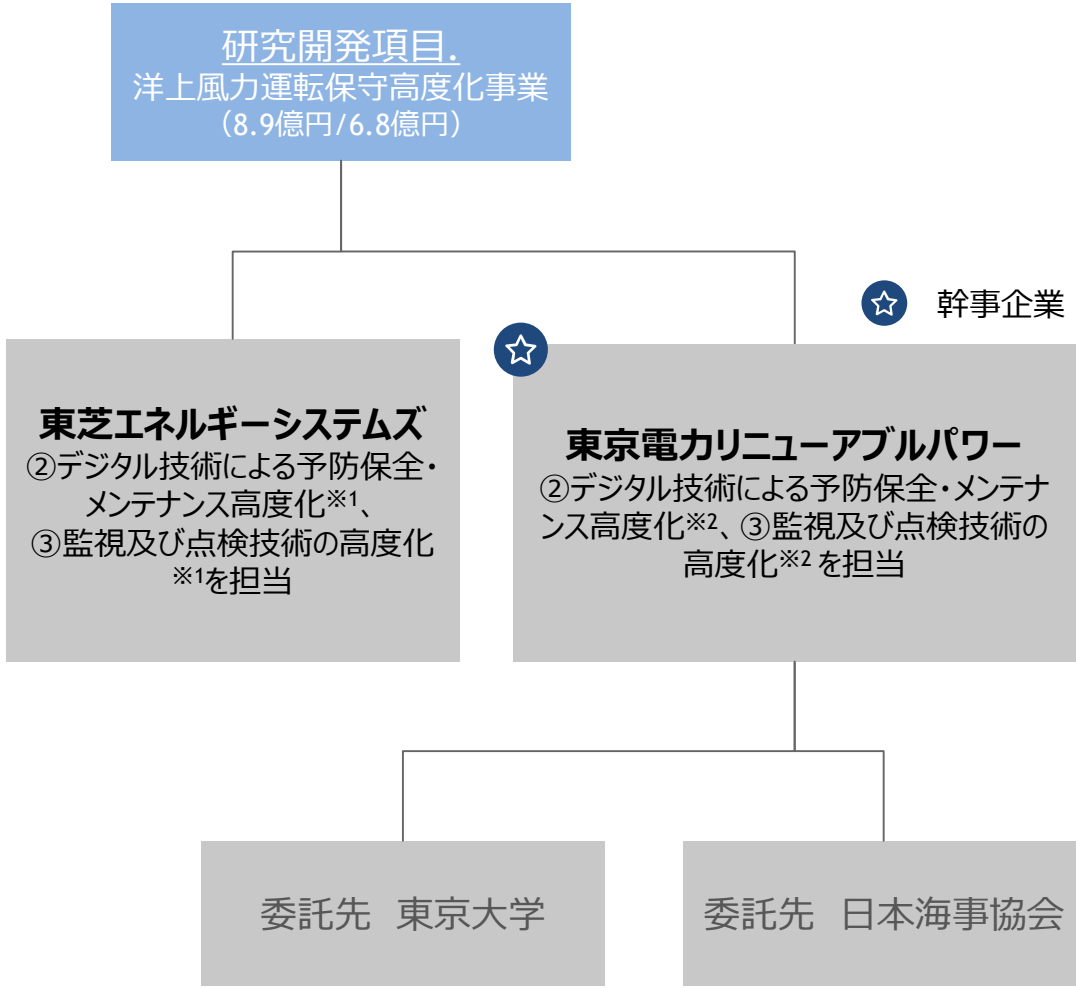


2. 研究開発計画／（4）研究開発体制

各主体の特長を生かせる研究開発実施体制と役割分担を構築

実施体制図

※金額は、総事業費/国費負担額



各主体の役割と連携方法

各主体の役割

- 研究開発項目（洋上風力運転保守高度化事業）全体の取りまとめは、東京電力RPが行う
- 東芝エネルギーシステムズは②デジタル技術による予防保全・メンテナンス高度化（風車およびタワー部分）、③監視及び点検技術の高度化（風車およびタワー部分）を担当する
- 東京電力RPは②デジタル技術による予防保全・メンテナンス高度化（浮体、係留索・アンカー及びゲイミッケーブル部分）、③監視及び点検技術の高度化（浮体、係留索・アンカー及びゲイミッケーブル部分）を担当する

研究開発における連携方法（本ビジョンに関連する提案者間の連携）

- 東京電力RPを幹事とする研究運営会議の定期開催
- 必要に応じて知的財産権などを規定した覚書等を締結

提案者以外の他プロジェクト実施者等との連携

- 東京電力RPを幹事とする情報共有会議の定期開催
- 必要に応じて知的財産権などを規定した覚書等を締結

※1 風車およびタワー部分
※2 浮体、係留索・アンカー及びゲイミッケーブル部分

2. 研究開発計画／（5）技術的優位性

国際的な競争の中においても技術等における優位性を保有

研究開発項目	研究開発内容	活用可能な技術等	競合他社に対する優位性・リスク
フェーズ1-④ 洋上風力運転保守 高度化事業	② デジタル技術による 予防保全・メンテナンス 高度化	東京電力グループ 東京電力RP - 国内初の銚子沖洋上風力発電所の設計、施工、運転管理によるノウハウの蓄積（2009～） https://www.tepco.co.jp/rp/business/wind_poer/list/chosi.html - テトラ・スパー型浮体式洋上風力の実証プロジェクトへの参画による浮体式洋上風力の施工経験の蓄積（2021～） https://www.tepco.co.jp/rp/about/company/press-information/press/2021/1572776_19679.html 東京電力HD - NEDO委託事業「浮体式洋上風力発電低コスト化技術開発調査研究」の実施により設計技術の蓄積（2020～） https://www.tepco.co.jp/press/release/2020/1551825_8710.html	東京電力グループの優位性 - 国内初の銚子沖洋上風力発電所の設計、施工、運転管理の実績 - 陸上風力発電所や国内水力発電所（163箇所）を始めとした設計、施工、運転管理の実績 - グループの発電所での海域試験の実施
	③ 監視及び点検 技術	東京大学 - 当該提案に有用なプロジェクト加盟実績 4件 - 当該提案に有用な研究開発実績(論文) 45報 日本海事協会 - 浮体式洋上風力の設計及び維持管理の安全指針となる「浮体式洋上風力発電設備に関するガイドライン」を発行 - 国内実証事業で建設された浮体式洋上風力の関連浮体7基（変電施設及び観測塔）全ての船級検査を実施。 - 一般商船等の多数の検査実績と知見の蓄積（NK船級取得の9,000隻以上の船舶を年1回以上実施）	東京電力グループのリスク - 自社による浮体式洋上風力の設計・施工・運転実績がないことによる技術の蓄積不足。 ⇒基金を活用した研究実施に技術の蓄積を志向 東京大学の優位性 - 浮体式の研究開発・実証研究の豊富な経験を有する人材・ノウハウの蓄積
			日本海事協会の優位性 船舶や浮体式洋上風力の多数の検査経験を有する人材・ノウハウの蓄積

※研究開発項目の番号は公募要領と対応

2. 研究開発計画／（5）技術的優位性

当該提案に共通して有用なプロジェクト加盟実績（東京電力グループ）

No.	プロジェクト名	主催者	年月	加盟者
1	Floating Wind Joint Industry Project	Carbon Trust	2019年8月～	東京電力ホールディングス株式会社 東京電力リニューアブルパワー株式会社
2	風力発電等技術研究開発／洋上風力発電等技術研究開発 ／洋上風力発電システム実証研究（ガンパイル工法等に係わる低コスト施工技術調査研究）	NEDO	2017年度	東京電力ホールディングス株式会社 株式会社大林組 東電設計株式会社 株式会社日立製作所 国立大学法人東京大学
3	風力等自然エネルギー技術研究開発／洋上風力発電等技術研究開発 ／洋上風力発電システム実証研究（銚子沖）	NEDO	2010～2016年度	東京電力ホールディングス株式会社
4	風力等自然エネルギー技術研究開発／洋上風力発電等技術研究開発 ／洋上風況観測システム実証研究（銚子沖）	NEDO	2009～2016年度	東京電力ホールディングス株式会社 国立大学法人東京大学
5	風力発電等技術研究開発／洋上風力発電等技術研究開発 ／次世代浮体式洋上風力発電システム実証研究（浮体式洋上風力発電低コスト化技術開発） ／浮体式洋上風力発電低コスト化技術開発調査研究（大型スパー浮体）	NEDO	2020～2021年度	東京電力ホールディングス株式会社 五洋建設株式会社 国立大学法人東京大学

2. 研究開発計画／（5）技術的優位性

当該提案に共通して有用な研究開発実績(論文)（東京電力グループ）

No.	論文、講演名	年月	発表先	主な執筆者、講演者
1	風力等自然エネルギー技術研究開発／洋上風力発電等技術研究開発／洋上風況観測システム実証研究（銚子沖）／洋上風力発電システム実証研究（銚子沖）	2016.10	平成28年度NEDO新エネルギー成果報告会	福本 幸成（東京電力）
2	2．洋上風力発電実証研究（NEDO事業）	2016.1	電気評論	佐藤 功也（東京電力）
3	（NEDO事業）着床式洋上風力発電実証研究～わが国初の沖合洋上風力発電所の建設～	2013.6	（株）技術情報センターセミナー	福本 幸成（東京電力）
4	風力発電技術の現状と将来動向（6）洋上風力発電	2013.5	電気学会東京支部講習会	福本 幸成（東京電力）
5	NEDO洋上風力発電実証研究の進捗状況と洋上風力発電の技術動向	2012.11	日本建設業連合会	福本 幸成（東京電力）
6	NEDO洋上風力発電実証研究の進捗状況と洋上風力発電の技術動向	2012.9	ものづくり日本会議第2回新エネルギー促進検討会	福本 幸成（東京電力）
7	洋上風力発電システム実証研究設備の設計	2011.11	電力土木誌	前田 修（東京電力）、 助川 博之（東京電力）、福本 幸成（東京電力）

2. 研究開発計画／（5）技術的優位性

当該提案に有用な研究開発実績(論文)（東京電力グループ）

No.	論文、講演名	年月	発表先	主な執筆者、講演者
1	10MW風車を搭載するスパー型浮体の動揺に関する水槽実験	2021.11	風力エネルギー利用シンポジウム	富田 真之（東京電力）、西郡 一雅（東京電力）、廣井 康伸（五洋建設）、保木本 智史（五洋建設）、道前 武尊（五洋建設）
2	10MW級風車を搭載するスパー型浮体の動揺特性に関する研究ーその1 水槽実験による動揺特性の分析ー	2021.9	土木学会全国大会	西郡 一雅（東京電力）、富田 真之（東京電力）、廣井 康伸（五洋建設）、保木本 智史（五洋建設）、道前 武尊（五洋建設）
3	浮体式洋上風力発電設備の浮体構造の最適化	2010.11	日本船舶海洋工学会講演会	福本 幸成（東京電力）、嶋田 健司（清水建設）、安野 浩一郎（五洋建設）
4	洋上風況の観測結果と洋上風力発電システムの研究開発状況について	2008.7	海洋開発論文集、第24巻	福本幸成（東京電力）、池谷毅（鹿島建設）、安野浩一郎（五洋建設）、大山巧（清水建設）、石原孟・鈴木英之（東京大学）
5	浮体式洋上風力発電施設のトラススパー型・セミサブ型浮体の構造特性に関する研究	2008.7	海洋開発論文集、第24巻	安野浩一郎・国元将生・関本恒浩（五洋建設）、福本幸成（東京電力）、鈴木英之（東京大学）、飯島一博（大阪大学）
6	浮体式洋上風力発電の導入可能性に関する研究	2008.7	海洋開発論文集、第24巻	安野浩一郎・国元将生・関本恒浩（五洋建設）、福本幸成（東京電力）、鈴木 英之（東京大学）、飯島 一博（大阪大学）
7	洋上風力発電の実現性検討のための洋上風況観測	2007.11	電力土木誌	福本 幸成（東京電力）、石原 孟（東京大学）、土谷 学（鹿島建設）
8	風の乱れおよび浮体の動揺が風車の疲労強度に及ぼす影響に関する研究 その3 浮体動揺による影響の評価	2007.9	土木学会全国大会	高橋 孝介（東京電力）、石原 孟（東京大学）、石原 孟（東京大学）、助川 博之（東京電力）
9	風の乱れおよび浮体の動揺が風車の疲労強度に及ぼす影響に関する研究 その2 風の乱れによる影響の評価	2007.9	土木学会全国大会	助川 博之（東京電力）、石原 孟（東京大学）、高橋 孝介（東京電力）
10	浮体式洋上風力発電に関する研究 その1 風水洞実験	2007.9	日本風工学会 年次研究発表会	助川 博之（東京電力）、石原 孟（東京大学）、ファバンフック（東京大学）
11	洋上風力発電のためのRC製二段円筒型浮体の動揺特性	2007.7	海洋開発論文集、第23巻	森屋陽一・安野浩一郎・原基久（五洋建設）、福本幸成（東京電力）・鈴木英之・藤田圭吾（東京大学）
12	浮体式洋上風力発電に関する研究（その3）鉄筋コンクリート製2段円筒型浮体の開発	2006.11	風力エネルギー利用シンポジウム	福本 幸成（東京電力）、森屋 陽一（五洋建設）、土屋 京助（五洋建設）
13	浮体式洋上風力発電に関する研究（その1）洋上風況観測と賦存量の評価	2006.11	風力エネルギー利用シンポジウム	助川 博之（東京電力）、石原 孟（東京大学）、山口 敦（東京大学）
14	A Feasibly Study of Reinforced Concrete Spar-Buoy for Offshore Wind Turbine	2006.9	Global Windpower 2006	福本 幸成（東京電力）、森屋 陽一（五洋建設）、土屋 京助（五洋建設）
15	An Assessment of the possibility of wind farm development in the Pacific Ocean near Japan	2006.9	Global Windpower 2006	助川 博之（東京電力）、石原 孟（東京大学）、山口 敦（東京大学）
16	洋上風力発電のためのRC 製スパー型浮体に関する研究	2006.6	日本沿岸域学会究討論会講演概要集、No.19	森屋陽一・土屋京助・原基久（五洋建設）、福本幸成（東京電力）・鈴木英之（東京大学）

2. 研究開発計画／（5）技術的優位性

当該提案に共通して有用なプロジェクト加盟実績（東京大学）

No.	プロジェクト名	主催者	年月	加盟者
1	風力発電等技術研究開発／洋上風力発電等技術研究開発／次世代浮体式洋上風力発電システム実証研究（浮体式洋上風力発電低コスト化技術開発）／浮体式洋上風力発電低コスト化技術開発調査研究（大型スパー浮体）	NEDO	2020～2021年度	東京電力ホールディングス株式会社 五洋建設株式会社 国立大学法人東京大学
2	福島沖での浮体式洋上風力発電システムの実証研究事業	資源エネルギー庁	2016-2020年度	石原 孟（東京大学）
3	次世代浮体式洋上風力発電システム実証研究（共通基盤調査）	NEDO	2014-2017年度	石原 孟（東京大学）
4	浮体式洋上ウインドファーム実証研究事業	資源エネルギー庁	2011-2015年度	石原 孟（東京大学）

2. 研究開発計画／（5）技術的優位性

当該提案に共通して有用な研究開発実績(論文)（東京電力グループ）

No.	論文、講演名	年月	発表先	主な執筆者、講演者
1	風力等自然エネルギー技術研究開発／洋上風力発電等技術研究開発／洋上風況観測システム実証研究（銚子沖）／洋上風力発電システム実証研究（銚子沖）	2016.10	平成28年度NEDO新エネルギー成果報告会	福本 幸成（東京電力）
2	2．洋上風力発電実証研究（NEDO事業）	2016.1	電気評論	佐藤 功也（東京電力）
3	（NEDO事業）着床式洋上風力発電実証研究～わが国初の沖合洋上風力発電所の建設～	2013.6	（株）技術情報センターセミナー	福本 幸成（東京電力）
4	風力発電技術の現状と将来動向（6）洋上風力発電	2013.5	電気学会東京支部講習会	福本 幸成（東京電力）
5	NEDO洋上風力発電実証研究の進捗状況と洋上風力発電の技術動向	2012.11	日本建設業連合会	福本 幸成（東京電力）
6	NEDO洋上風力発電実証研究の進捗状況と洋上風力発電の技術動向	2012.9	ものづくり日本会議第2回新エネルギー促進検討会	福本 幸成（東京電力）
7	洋上風力発電システム実証研究設備の設計	2011.11	電力土木誌	前田 修（東京電力）、 助川 博之（東京電力）、福本 幸成（東京電力）

2. 研究開発計画／（5）技術的優位性

当該提案に有用な研究開発実績(論文)（東京大学） 1/3

No.	論文、講演名	年月	発表先	主な執筆者、講演者
1	Availability and LCOE Analysis Considering Failure Rate and Downtime for Onshore Wind Turbines in Japan	2021	Energies	Yuka Kikuchi（東京大学）、Takeshi Ishihara（東京大学）
2	Study on Sectional Loads and Structural Optimization of an Elastic Semi-Submersible Floating Platform	2021	Energies	Yuliang Liu（東京大学）、Takeshi ISHIHARA（東京大学）
3	10MW級風車を搭載するスパー型浮体の動揺特性に関する研究 –その1 水槽実験による動揺特性の分析–	2021.9	土木学会全国大会	菊地 由佳（東京大学）、町田 暁信（東京大学）、石原 孟（東京大学）
4	Anomaly detection and prediction for high-tension bolts by using strain of tower shell	2020	Wind Energy	Y. Kikuchi（東京大学）、T. Ishihara（東京大学）
5	Assessment of a coastal offshore wind climate by means of mesoscale model simulations considering high-resolution land use and sea surface temperature data sets	2020	Atmosphere	Yuka KIKUCHI（東京大学）、Masato Fukushima（電源開発）、Takeshi ISHIHARA（東京大学）
6	Reduction of the fluctuating load on wind turbine by using a combined nacelle acceleration feedback and Lidar-based feedforward control	2020	Energies	Atsushi Yamaguchi（東京大学）、Iman Yousefi（東京大学）、Takeshi ISHIHARA（東京大学）
7	Dynamic Response Analysis of a Semi-Submersible Floating Wind Turbine in Combined Wave and Current Conditions Using Advanced Hydrodynamic Models	2020	Energies	Takeshi ISHIHARA（東京大学）、Yuliang Liu（東京大学）
8	Fatigue life prediction of wind turbine main bearing considering internal clearances and pounding forces	2019	第41回風力エネルギー利用シンポジウム	T. Ishihara（東京大学）、Y. Yoshimura（東京大学）、S. Wang（東京大学）
9	Numerical prediction of hydrodynamic coefficients for a semi-submersible platform by using large eddy simulation with volume of fluid method and Richardson extrapolation	2019	Journal of Physics Conference Series	Jia Pan（東京大学）、Takeshi ISHIHARA（東京大学）
10	Prediction of dynamic response of semi-submersible floating offshore wind turbines by a novel hydrodynamic coefficient model	2019	Journal of Physics Conference Series	Yuliang Liu（東京大学）、Takeshi ISHIHARA（東京大学）
11	Prediction of dynamic response of semi-submersible floating offshore wind turbine using augmented Morison's equation with frequency dependent hydrodynamic coefficients	2019	Renewable Energy	Takeshi ISHIHARA（東京大学）、Shining Zhang（GEIDCO,China）
12	信頼性分析に基づく風力発電コストの評価	2018	風力エネルギー学会論文集	菊地由佳（東京大学）、斎藤亮太（東京大学）、石原孟（東京大学）
13	Nonlinear wave effects on dynamic responses of a semisubmersible floating offshore wind turbine in the intermediate water	2018	Journal of Physics	Jia Pan（東京大学）、Takeshi ISHIHARA（東京大学）
14	Numerical prediction of Normal and Extreme Waves at Fukushima Offshore Site	2018	TORQUE2016	Atsushi Yamaguchi（東京大学）、Takeshi ISHIHARA（東京大学）

2. 研究開発計画／（5）技術的優位性

当該提案に有用な研究開発実績(論文)（東京大学） 2/3

No.	論文、講演名	年月	発表先	主な執筆者、講演者
15	Estimation of fatigue load on floating offshore wind turbine at tower base during power production	2018	Grand Renewable Energy 2018	Danupon Subanapong（東京大学）、Atsushi Yamaguchi（東京大学）、Takeshi ISHIHARA（東京大学）
16	時間領域モンテカルロシミュレーションを利用した洋上風力発電所利用可能率の評価	2017	第39回風力エネルギー利用シンポジウム	菊地由佳（東京大学）、石原孟（東京大学）、ピーター・イーセン（Energy Research Center of the Netherlands）、ノヴィタ・サラスワティ（Energy Research Center of the Netherlands）
17	風車後流の数値予測と解析モデルの提案	2016.12	第24回風工学シンポジウム論文集	石原 孟（東京大学）、銭 国偉（東京大学）
18	風力発電設備支持物に作用する発電時の最大荷重推定手法の提案	2016.12	第24回風工学シンポジウム論文集	山口 敦(東京大学)、石原 孟(東京大学)
19	Assessment of weather window for the construction of offshore power plants by using wind and wave simulations	2016	TORQUE2016	Yuka KIKUCHI（東京大学）、Takeshi ISHIHARA（東京大学）
20	Wind Field Measurement at an Offshore Site by using Scanning Doppler Lidar	2016.11	第38回風力エネルギー利用シンポジウム	ゴイト ジェイプラカス（東京大学）、山口 敦（東京大学）、石原 孟（東京大学）
21	故障復旧費とダウンタイムの不確かさを考慮した維持管理費の評価	2016.11	第38回風力エネルギー利用シンポジウム	菊地 由佳（東京大学）、斎藤 亮太（東京大学）、石原 孟（東京大学）
22	タワー筒身のひずみ計測による高力ボルトの異常検知に関する研究	2016.11	第38回風力エネルギー利用シンポジウム	菊地 由佳（東京大学）、守屋 邦昭（東京大学）、石原 孟（東京大学）
23	メソスケールモデルを用いた洋上風況予測と実測による検証	2016.9	土木学会年次学術講演会	菊地 由佳（東京大学）、石原 孟（東京大学）
24	タワートップボルトにおける締付トルクと導入軸力の関係について	2015.11	第37回風力エネルギー利用シンポジウム	石原 孟（東京大学）、吉村 豊（東京大学）、剣持 良章（東京大学）
25	ひずみ計測によるタワートップボルトの異常検出に関する研究	2015.11	第37回風力エネルギー利用シンポジウム	菊地 由佳（東京大学）、石原 孟（東京大学）
26	洋上風況観測システム実証研究（銚子沖）および洋上風力発電実証研究（銚子沖）	2015.10	平成27年度NEDO新エネルギー成果報告会	山口 敦（東京大学）、福本 幸成（東京電力）
27	メソスケールモデルを用いた洋上風況予測と実測による検証	2015.5	平成27年度日本風工学会年次研究発表会	石原 孟(東京大学)
28	風と波の結合確率分布モデルに関する研究	2015	日本風力エネルギー学会論文集	種本 純（東京大学）、石原 孟（東京大学）
29	風車発電時に支持構造物に作用する風荷重の予測と実測による検証	2015.5	平成27年度日本風工学会年次研究発表会	石原 孟(東京大学)、山口 敦(東京大学)
30	風力発電設備支持物に作用する発電時の荷重予測と実測による検証	2014.12	第23回風工学シンポジウム論文集	山口 敦（東京大学）、プラサンティウディヤシ サリ（東京大学）、石原 孟（東京大学）
31	風力発電設備支持物の発電時最大荷重の評価手法の提案	2014.11	第36回風力エネルギー利用シンポジウム	山口 敦（東京大学）、プラサンティウディヤシ サリ（東京大学）、石原 孟（東京大学）

2. 研究開発計画／（5）技術的優位性

当該提案に有用な研究開発実績(論文)（東京大学） 3/3

No.	論文、講演名	年月	発表先	主な執筆者、講演者
32	メソスケールモデルを用いた洋上風況予測と不確かさの評価	2014.11	第36回風力エネルギー利用シンポジウム	福島 雅人（東京大学）、山口 敦（東京大学）、石原 孟（東京大学）
33	気象・波浪シミュレーションを利用した洋上風力発電所の施工継続時間の評価	2014.11	第36回風力エネルギー利用シンポジウム	菊地 由佳（東京大学）、石原 孟（東京大学）
34	風と波の結合確率分布モデルの提案	2014.11	第36回風力エネルギー利用シンポジウム	種本 純（東京大学）、石原 孟（東京大学）
35	洋上風力発電所建設のための海象・気象条件と施工稼働率の数値予測	2012	日本風力エネルギー学会論文集	石原 孟（東京大学）、山口 敦（東京大学）、ムハマド ワヒード サーワー（東京大学）、老川 進（東京大学）
36	Preliminary Study on the Optimum Design of a Tension Leg Platform for Offshore Wind Turbine Systems	2011.4	Journal of Fluid Science and Engineering, Vol.6, Issue3.	嶋田健司・Shimada・宮川昌宏・大山巧(清水建設)、石原孟(東京大学)、福本幸成(東京電力)、安野浩一郎・岡田英明・森屋陽一（五洋建設）
37	OPTIMUM DESIGN OF A TENSION LEG PLATFORM FOR THE OFFSHORE WIND GENERATED ENERGY SYSTEM	2010.6	Renewable Energy 2010 International Conference, Yokohama June 27-July 2	嶋田健司・Shimada・宮川昌宏・大山巧(清水建設)、石原孟(東京大学)、福本幸成(東京電力)、安野浩一郎・岡田英明・森屋陽一（五洋建設）
38	Preliminary Study on the Optimum Design of a Tension Leg Platform for Offshore Wind Turbine Systems	2010	Journal of Fluid Science and Technology（日本機械学会）	嶋田 健司（清水建設）、石原 孟（東京大学）、福本 幸成（東京電力）
39	A study on influence of heave plate on dynamic response of floating offshore wind turbine system	2009.9	European Offshore Wind	石原 孟（東京大学）、M.B.Waris、助川 博之（東京電力）
40	洋上風力開発のための風観測と発電量予測	2008	日本風工学会年次研究発表会	土谷 学（鹿島建設）、福本 幸成（東京電力）、石原 孟（東京大学）
41	A Numerical Study on Dynamic Response of Floating Offshore Wind Turbine System due to Response and Nonlinear Wave	2007.12	EOW (European Offshore Wind)	石原 孟（東京大学）、ファバンフック（東京大学）、助川 博之（東京電力）
42	浮体動揺と風の乱れが風車疲労強度に及ぼす影響に関する研究	2007.11	日本風力エネルギー協会	石原 孟（東京大学）、助川 博之（東京電力）、高橋 孝介（東京電力）
43	風の乱れおよび浮体の動揺が風車の疲労強度に及ぼす影響に関する研究 その1 風車に作用する変動風荷重の評価	2007.9	土木学会全国大会	石原 孟（東京大学）、助川 博之（東京電力）、高橋 孝介（東京電力）
44	洋上風力発電導入に向けた洋上風況観測	2006.11	風工学シンポジウム	土谷 学（鹿島建設）、石原 孟（東京大学）、福本 幸成（東京電力）
45	浮体式洋上風力発電の実用化に向けて	2006.4	洋上風力発電フォーラム	石原 孟（東京大学）、鈴木 英之（東京大学）、福本 幸成（東京電力）

2. 研究開発計画／（5）技術的優位性

当該提案に有用な研究開発実績(論文)（日本海事協会）

No.	論文、講演名	年月	発表先	主な執筆者、講演者
1	Numerical modelling and validation of a semisubmersible floating offshore wind turbine under wind and wave misalignment	2018/01	DeepWind' 2018	Sho Oh, Toshiya Iwashita, ClassNK
2	海水環境中にある塗装鋼板の腐食進行に関する研究	1998/05	日本造船学会 春季講演会	的場 正明、日本海事協会
3	A study on the Degradation of Coating and Corrosion of Ship's Hull Based on the Probabilistic Approach.	1998	Journal of Offshore Mechanics and Arctic Engineering	Yamamoto, N and Ikegami, K, ClassNK
4	船体構造部材の腐食進行予測システム	2008	日本海事協会 会誌 No.283	山本規雄、小林敬幸、日本海事協会

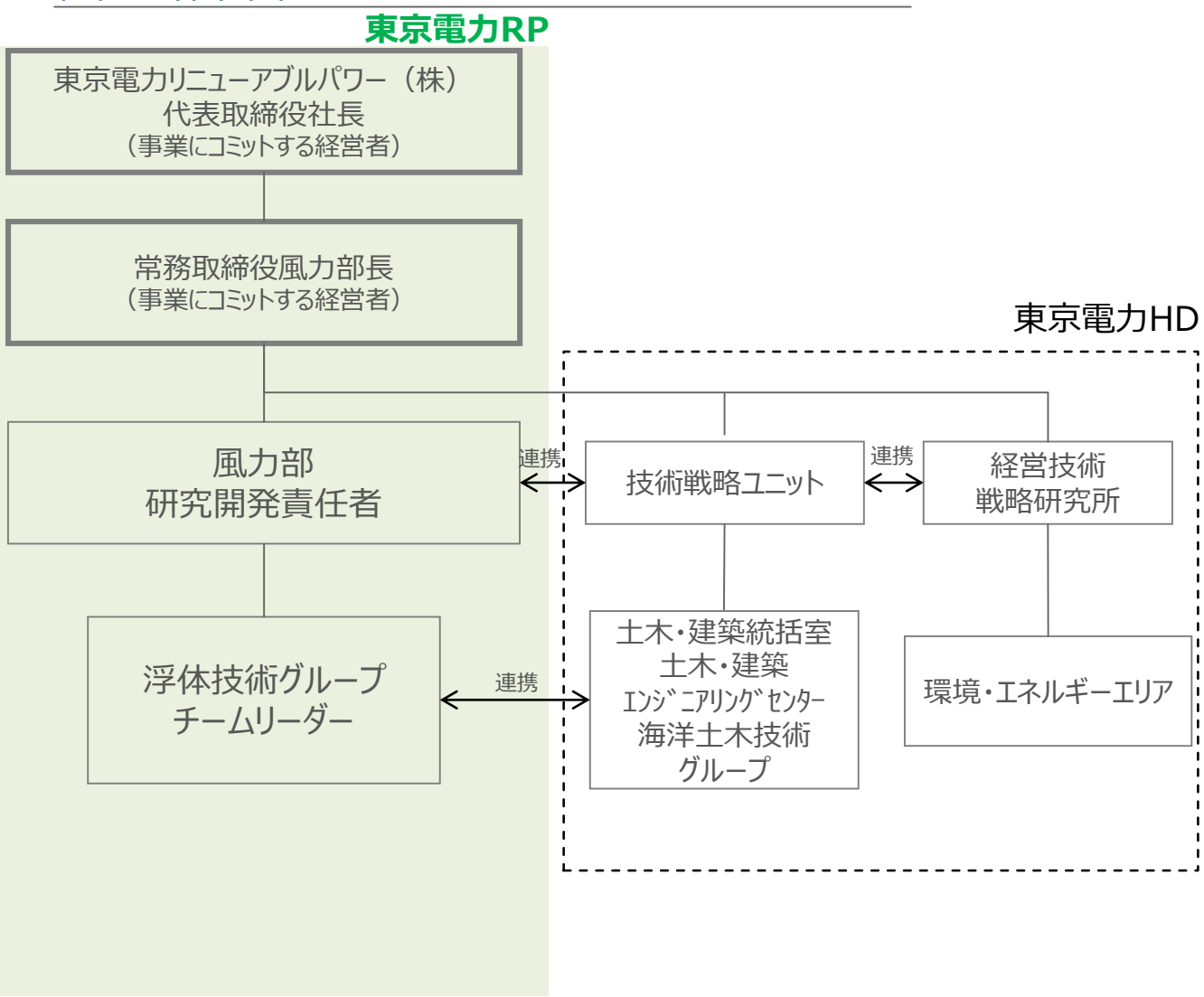
3. イノベーション推進体制

(経営のコミットメントを示すマネジメントシート)

3. イノベーション推進体制／（1）組織内の事業推進体制

経営者のコミットメントの下、専門部署を設置し関係部署と連携

組織内体制図



組織内の役割分担

研究開発責任者と担当部署

- 研究開発責任者
 - 東京電力RP 風力部
- 担当チーム
 - 浮体技術G：O&M技術開発、事業性評価、地点開発を担当
- チームリーダー
 - 陸上風力発電所建設
 - 浮体式洋上風力発電実現可能性調査 等の実績
- 支援チーム
 - (HD)経営技術戦略研究所 技術開発部
 - RP風力部の技術的支援・助言
 - (HD)技術戦略ユニット 土木・建築統括室
 - RP風力部の技術的支援・助言

部門間の連携方法

- 東京電力RP風力部、東京電力HD技術戦略ユニット土木・建築統括室及び経営技術研究所は定期的に情報共有会議を行う。必要に応じて適時、技術開発戦略や知的財産戦略等について助言を得る。

3. イノベーション推進体制／（2）マネジメントチェック項目① 経営者等の事業への関与

経営者等による浮体式洋上風力事業への関与の方針

経営者等による具体的な施策・活動方針

- ◆ 東京電力グループは地球温暖化対策を重要な経営課題として取組んでおり、世界的な潮流を捉え、CNを軸とした大胆な変革に更に乗り出す計画を策定した。
 - 2030年度目標：販売電力由来のCO₂排出量を2013年度比で2030年度に50%削減
 - 2050年度目標：2050年におけるエネルギー供給由来のCO₂排出実質ゼロ
- こうしたチャレンジングな目標を掲げ、ゼロエミッション電源の開発とエネルギー需要の更なる電化促進の両輪でグループの総力をあげた取組を展開し、社会とともにCNの実現をリードしていく。
- ◆ グループ横断的に対処すべき課題や事業の方向性を導く目的で東京電力HDに設置された「みらい経営委員会」に「CNタスクフォース」を設置し、本事業計画で弊社が前面に押し出す「CNへの挑戦」について審議・推進している。

第四次総合特別事業計画への明記

- ◆ 『総合特別事業計画』は、社内の経営方針を社外に示す当社の根幹をなす計画であり、CNの流れも含んだ昨今の情勢に鑑み第四次総合特別事業計画を策定した。（2021年7月21日申請、8月4日認定）
- ◆ 2030年度までに洋上風力を中心に国内外で600～700 万kW 程度の新規の再生可能エネルギー電源を開発し、再生可能エネルギー事業で年間1,000 億円規模の純利益を目指すことを明記している。

事業の継続性確保の取組

- ◆ 当社では技術開発計画を策定しており、中長期的に技術開発を遂行する体制としている。
- ◆ 浮体式洋上風力についてはグリーンイノベーション基金を活用し、商用化に向けた技術開発計画を加速する。

3. イノベーション推進体制／（3）マネジメントチェック項目② 経営戦略における事業の位置づけ

経営戦略の中核において浮体式洋上風力事業を位置づけ、広く情報発信

東京電力 経営戦略

- CNに向けた全社戦略
 - 東京電力グループの将来ビジョンとして、CNや防災を軸とした価値創造により、安全で持続可能な社会の担い手として信頼され続けられる企業グループを目指している。
 - 東京電力RPは「自然の恵みをエネルギーにそして社会に」という使命のもと、洋上風力発電をはじめとする再生可能エネルギーの主力電源化を推進することを戦略として掲げている。
- 事業戦略・事業計画の決議・変更
 - 浮体式洋上風力事業は、グリーンイノベーション基金応募前から重要事業と位置づけられており、開発内容等について東京電力グループ横断的に経営会議で審議し、CNの実現を目指す。
 - 事業の進捗状況は、定例的な会議と適宜の会議を行い、経営層が積極的に関わり進捗管理、フォローを行うこととしている。事業環境の変化等により計画変更が必要となった場合は、関係者間で協議し早期に対応する。
 - CNの実現を目指すことについての決議内容は全社イントラ掲載に加えて、経営層からのメッセージや現場管理者からの周知により関連部署に広く周知されている。

ステークホルダーに対する公表・説明

- 情報開示の方法
 - 総合特別事業計画への位置づけ
総合特別事業計画は東京電力グループの根幹を成す事業計画であり、会社状況のほか社会情勢や産業構造により、都度見直しをかけていくものである。この総合特別事業計画において、浮体式洋上風力発電に関する現状の取り組みや中長期的な構想を公表していく。
 - ホームページ上での常時情報開示
浮体式洋上風力に関する研究について、重要であり公表が必要と認められる事象については東京電力HD及び東京電力RPのホームページ上でプレスリリースを行う。また、プレスリリースを行わない情報も動画等を用いて一般の皆様に分かりやすく情報発信する。
- ステークホルダーへの説明
 - 統合報告書
本報告書では、事業戦略をはじめ取締役会の実効性評価の開示のほか、2050年CNへの取り組みなどをわかりやすく報告する。
 - 投資家への説明
年度毎の有価証券報告書、四半期毎の決算短信及び株主総会にて事業の将来の見通し及びリスクについて投資家や金融機関等のステークホルダーに対し説明する。
 - 経営者自らの説明
ホームページ上の情報発信に加え、経営者自らが取材等の機会を活用し、自らの言葉で事業の価値や国民生活への還元を重視し情報発信する。

3. イノベーション推進体制／（4）マネジメントチェック項目③ 事業推進体制の確保

機動的に経営資源を投入し、着実に社会実装まで繋げられる組織体制を整備（1）

経営資源の投入方針

- 実施体制の柔軟性の確保
 - 銚子沖の洋上風力や陸上風力発電所、その他発電所の新設実績を踏まえ、柔軟に体制を構築している。
 - 当社事業全般で幅広い協力会社と協働した実績がある。銚子沖の着床式洋上風力促進区域の公募では海外企業と協働で入札し、事業実現性の観点では最も高い評価を受けた。また、新たに促進区域として指定されている海域についても設計施工等のハード面や地域共生等のソフト面の幅広い検討を協力企業や地域の皆様とともに推進
 - 銚子沖洋上風力発電所では洋上風力への理解を得るために、取材対応や自治体・学協会主催の見学会（約70回）を行っている。また、維持管理の技術向上と効率化のために、自社資金による技術開発を継続的に行っている。
 - 人財・設備・資金の投入方針
 - 事業の進捗により必要な技術を持った人財を社内外から積極的に登用している。
 - 銚子沖の洋上風力発電施設や陸上風力等の既存の発電所施設を活用した技術開発を検討している。
- 2021年からグリーンボンドを発行している。
- 第1回グリーンボンド 300億円（2021年9月発行）
第2回グリーンボンド 100億円（2022年3月発行）
調達した資金は風力発電を含む再生可能エネルギーの開発、建設、運営、改修に関する事業への新規投資およびリファイナンスに活用
- 社会の変化や自社の現状を踏まえ、柔軟かつ適切に人財・設備・資金を配分していく。

3. イノベーション推進体制／（4）マネジメントチェック項目③ 事業推進体制の確保

機動的に経営資源を投入し、着実に社会実装まで繋げられる組織体制を整備（2）

専門部署の設置

◆ 専門部署の設置

- 東京電力RP 風力部 浮体技術グループの設置

- ・風力部では、着床式洋上風力について銚子沖洋上風力発電所の運営および新規ウィンドファーム開発検討を実施してきた。
- ・浮体式の早期開発を目指し、部内に浮体式に特化した専門部署を新設した。
- ・部内の着床式の部署とも連携しながら、浮体式の事業戦略、技術開発、地点開発を行う。
- ・今後も産業情勢や社会情勢によって臨機応変に対応できるよう組織改編を行う。

- 東京電力HD 土木・建築統括室 海洋土木技術グループ

- ・東京電力HD内の社内に土木・建築の技術開発を行う部署で2019年から浮体式洋上風力の低コスト化技術の検討を開始している。
- ・2020年NEDO委託事業に採択され、大型スパー浮体の低コスト化技術開発調査研究を実施している。
- ・当組織はHD直轄の部署として経営層との距離が近く、子会社を含めた土木・建築の業務や人財を総括していることから、機動的な人的リソースの配分が可能である。

◆ 若手人財の育成

- 実証プロジェクトの事業運営への参画
 - ・東京電力RPが参画しているテトラ・スパー型浮体式洋上風力実証プロジェクトにおいて、若手人財を登用している。
 - ・数週間規模で現地に滞在し、現場の施工確認や欧州パートナー企業との技術ミーティングを通じて実証事業運営に参画しながら、浮体技術を習得し、社内での情報共有を図っている。

4. その他

4. その他／（１）想定されるリスク要因と対処方針

リスクに対して十分な対策を講じるが、コスト低減が明らかに困難となる事態に陥った場合には事業中止も検討

研究開発（技術）におけるリスクと対応

- 目標とする機能・性能・コストが確保できないリスク
→ 関係者間で進捗管理会議を行い、代替方法を検討し、性能・機能・コストの確保に努める。
→ 本研究は、センサー等による浮体式洋上風力発電所の管理によるコスト低減を目的としている。当初の計画でコスト低減が限定的であれば、センサーの種類を検討し、十分なコスト低減を図る。
- 技術開発工程の遅れによるリスク
→ 詳細な業務工程・目標を策定し、工程を管理する。
→ 進捗状況の報告会を実施する。

社会実装（経済社会）におけるリスクと対応

- ステークホルダーとの調整難航により施工実証ができないリスク
→ 地元関係者と事前協議を丁寧に行い、理解を得る。
→ 調整が難しい場合、代替地の確保に努める。

その他（自然災害等）のリスクと対応

- 施工実証における自然災害リスク
→ 作業中止基準を明確にし、遵守する。さらに作業中における津波警報発令等に備えて、発令時の行動計画を明確にする。
→ 実証設備は、各自然災害等に対する所定の安全率を満足する設計を実施する。
- 施工実証における労働災害リスク
→ 作業届関係機関への手続き等を適切に行うと共に、社内外で施工計画を十分に審議する。



- 事業中止の判断基準：本研究終了時点で、研究によるコスト低減が不十分であると客観的視点で明らかな場合。